

УДК 631.67.03: 628.16:338.43

**ИНВЕСТИЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ  
ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ  
ДЛЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ****INVESTMENT EFFICIENCY CONTEMPORARY FILTER MATERIAL  
IN WATER TREATMENT SYSTEMS DRIP IRRIGATION**©**Антонова Н. А.***Российский институт проблем мелиорации  
г. Новочеркасск, Россия, [eva\\_tihck@mail.ru](mailto:eva_tihck@mail.ru)*©**Antonova N.***Russian Scientific–Research Institute of Land Improvement Problems  
Novocherkassk, Russia, [eva\\_tihck@mail.ru](mailto:eva_tihck@mail.ru)*©**Домашенко Ю. Е.***канд. техн. наук**Российский институт проблем мелиорации  
г. Новочеркасск, Россия, [domachenko\\_u@list.ru](mailto:domachenko_u@list.ru)*©**Domashenko Yu.***PhD**Russian Scientific–Research Institute of Land Improvement Problems  
Novocherkassk, Russia, [domachenko\\_u@list.ru](mailto:domachenko_u@list.ru)*©**Васильев С. М.***д-р техн. наук**Российский институт проблем мелиорации  
г. Новочеркасск, Россия, [domachenko\\_u@list.ru](mailto:domachenko_u@list.ru)*©**Vasilyev S.***Dr. habil.**Russian Scientific–Research Institute of Land Improvement Problems  
Novocherkassk, Russia, [domachenko\\_u@list.ru](mailto:domachenko_u@list.ru)*

**Аннотация.** Целью исследования являлось проанализировать инвестиционную эффективность использования фильтрующих материалов на основе отходов горнодобывающей промышленности при водоподготовке в системах капельного орошения. Объектом исследования являлись станции водоподготовки для систем капельного орошения, на которых предлагается заменить используемые гравийно–песчаные фильтры на полимербетонные фильтры, с использованием фильтрующих элементов, изготовленных на основе отходов горнодобывающей промышленности. Исследования проводились на сельскохозяйственных угодьях ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области, используемых для выращивания кукурузы при применении капельного орошения из водотоков.

В статье предложен способ использования отходов горнодобывающей промышленности в сфере водоподготовки для систем капельного орошения, определены капитальные и эксплуатационные затраты на реализацию предлагаемого варианта в сравнении с традиционно используемыми способами подготовки воды в данной области, определены основные показатели инвестиционной эффективности предложенных решений.

Полученные результаты показывают снижение капитальных вложений на 4,5%. Экономическая эффективность предложенного способа подготовки воды выражается в снижении себестоимости выращиваемой продукции на 7,4–11,9% в сравнении с системами

с песчано–гравийными фильтрами, себестоимость готовой продукции для проектного варианта составила 535 руб./ц. против 577,91 руб./ц. по базовому варианту.

Внутренняя норма доходности определена графическим методом, путем выявления нулевого суммарного чистого дисконтированного дохода при различных нормах дисконта. Период расчета прибыли от реализации предлагаемых решений с учетом эксплуатационных затрат, увеличивающихся на величину условной инфляции принят равным пять лет, включая нулевой год, в течение которого реализовывались капитальные затраты. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что использование предлагаемого варианта подготовки природной воды обеспечит доходность 15–20%, в зависимости от наступления рискованных событий, при этом традиционный вариант системы капельного орошения принесет 5–10% чистой прибыли. Рентабельность предлагаемых проектных решений подтверждается превышением полученных значений общей нормы дисконта (0,31) требуемого значения нормы для всех объектов строительства, принятой Минстроем России для принятия предварительных решений по реализации инвестиционных проектов (0,15).

*Abstract.* The purpose of the study was to prove the investment efficiency of filter materials based on mining waste in water treatment in drip irrigation systems. The object of the study are water purification station for drip irrigation systems, which is proposed sand and gravel filters replaced by Polymer filters using filter elements manufactured on the basis of mining waste. The studies were conducted on farmland of “Rassvet” Kuibyshev district, Rostov region, used for growing corn in the application of drip irrigation from watercourses.

This article provides a method of use of mining waste in the area of water treatment for drip irrigation systems, defined capital and operating costs for the implementation of the proposed method as compared to traditionally used water treatment methods in the art, the basic indicators of investment effectiveness of the proposed solutions.

The results show a reduction in capital expenditure by 4.5%. Cost–effectiveness of the proposed method of water treatment is expressed in reducing the cost of farmed products on 7,4–11,9% compared to systems with sand and gravel filters, the cost of finished products for the draft version was 535 rubles. / P against 577.91 rub. / n for the base variant.

Internal rate of return is determined by graphical methods, by identifying the zero total net present value at a different discount rate. The period for calculating the profit from the sale of the proposed solutions, taking into account operating costs, increasing the value of the conditional inflation is assumed to be five years, including a year zero, in which the capital costs were realized. Studies suggest that the use of the proposed option will provide the preparation of natural water yields of 15–20%, depending on the risk events, with the traditional version of the drip irrigation system will bring 5–10% of net profit. The profitability of the proposed design solutions supported by exceeding the values obtained the general rate of discount (0,31) for all construction projects, adopted by Russian Ministry of Construction for making preliminary decisions on the implementation of investment projects (0,15).

*Ключевые слова:* капельное орошение, отходы горнодобывающей промышленности, подготовка воды, фильтрующие элементы, инвестиционная эффективность.

*Keywords:* drip irrigation, mining waste, water treatment, filter elements, investment efficiency.

Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [1] и нормативно–правовые акты в области мелиорации и охраны природной среды обязывают потребителей природных ресурсов соблюдать принципы охраны природной среды. Так ст. 34 ФЗ «Об охране окружающей среды» [2] говорит о необходимости предусматривать разработку и осуществление

мероприятий по рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов при осуществлении сельскохозяйственной деятельности с учетом потенциальных возможностей регионов на базовых принципах наилучших доступных технологий.

Площади мелиорируемых земель, используемых капельное орошение, увеличивается с каждым годом. На основании данных Правительства Ростовской области, в 2015 г. она увеличилась до 2,5 тыс. га [3]. Фактическое качество природных вод в водотоках региона не соответствует требованиям, предъявляемым к исходной воде для систем капельного орошения, что приводит к необходимости контролировать показатели качества природных вод в соответствии с ГОСТ [4]. Для сельскохозяйственных угодий Ростовской области достаточно использования напорных фильтров для удаления загрязняющих веществ.

Традиционно, в качестве фильтрующего материала в сфере водоочистки выступает речной окатанный кварцевый песок первого и высшего сорта. Его получение связано с нарушением природных ландшафтов и способствует нарушению формы и контуров русел рек, изменению кормовой базы для рыб, снижает интенсивность процессов самоочищения реки, ускоряет деградацию водотоков. В тоже время, существуют альтернативные материалы на основе промышленных отходов и композиционного сырья, который возможно использовать в качестве фильтрующих загрузок при соответствующем экономическом обосновании.

#### Материал и методика:

Оценка эффективности замены водоочистного оборудования на капельных системах оценена путем сравнения себестоимости продукции растениеводства, выращенной на капельном орошении.

Себестоимость продукции определяют по формуле [5]:

$$C = \frac{ПЗ}{ВП} \quad (1)$$

где ПЗ — затраты на производство валовой продукции, руб.;

ВП — объем выращенной продукции в натуральном выражении, ц.

Наиболее ресурсозатратной стадией подготовки отходов горнодобывающей промышленности для фильтрующего материала выступает промывка чистой водой. Расход воды на промывку щебня, гравия, песка определяют по формуле [6]:

$$Q_1 = v_{уд} \cdot q_{мат} K \quad (2)$$

где  $v_{уд}$  — удельный расход воды, м<sup>3</sup>, на промывку 1 м<sup>3</sup> каменного материала, зависит от степени загрязненности материала [6];

$q_{мат}$  — объем каменного материала, который необходимо подвергнуть промывки, м<sup>3</sup>.

Оценка инвестиционной привлекательности и целесообразности реализации предлагаемого проектного решения оценена с позиции получения приемлемой величины чистого дисконтированного дохода. Показателем доходности выступает размер чистого дохода, полученного путем сопоставления прибыли и затрат. Величина расчетного периода зависит от целей проведения расчетов и специфики осуществляемых инвестиционных проектов, в данных исследованиях принимали расчетный период равным 5 годам с шагом  $m$  соответствующим одному году. Невозможность использования значений чистого дохода за один год обусловлена закономерным превышением вложений в первые годы реализации проекта капельного орошения полученной прибыли от реализации продукции. Определение будущих чистых доходов, приведенных к значению настоящего периода может быть получено дисконтированием, учитывающем норму дисконта, тогда чистый дисконтированный доход рассчитаем по формуле [7]:

$$\sum_{m=1}^n ЧДД = \sum_{m=1}^n \frac{(P_m - 3^*_m)}{(1 + E_{\text{вн}})^t} - \sum_{m=1}^n \frac{K_m}{(1 + E_{\text{вн}})^t} \quad (3)$$

где  $P_m$  — прибыль от реализации проекта на шаге  $m$ , тыс. руб.;

$Z_m^*$  — затраты на шаге  $m$  расчета без инвестиционных издержек, тыс. руб.;

$E_{\text{вн}}$  — норма внутренней доходности проекта;

$K$  — величина инвестиционных издержек, тыс. руб.;

$t$  — период приведения.

Определение гарантированной величины капитализации доходов проекта осуществлялось на основании выявления внутренней нормы доходности проекта. Минимальная внутренняя норма доходности соответствует норме дисконта  $E_{\text{вн}}$ , при которой величина приведенных эффектов (без учета единовременных затрат) равна приведенным единовременным затратам, т. е. [7]:

$$\sum_{m=1}^n \frac{(P_m - Z_m^*)}{(1 + E_{\text{вн}})^t} - \sum_{m=1}^n \frac{K_m}{(1 + E_{\text{вн}})^t} = 0 \quad (4)$$

Для решения данного уравнения выбран графический метод.

#### *Результаты и обсуждение*

Для реализации капельного орошения разработана схема очистки природной воды, включающая напорный фильтр с фильтрующими элементами [8]. Альтернативой природному сырью в качестве фильтрующего материала выступает отход горнодобывающей промышленности, как основной компонент нового фильтрующего материала.

Полимербетонные фильтры (ПБФ) снабжаются фильтрующими элементами, изготовленными на основе горелой породы терриконов и полиэфирной смолы. Вторичное использование отходов будет способствовать не только снижению уже накопленных пород, снижению нагрузки на земельные и водные ресурсы, но и обеспечит бесперебойную длительную работу капельных оросительных сетей.

Эффективность предлагаемого способа подготовки природной воды для капельного орошения рассмотрена в ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области для выращивания кормовой кукурузы в сравнении с существующими капельными системами, при использовании в схемах водоподготовки песчано-гравийных фильтров.

Рассматриваемая станция водоочистки включает в себя напорный фильтр, фильтрующий материал и контрольно-измерительную аппаратуру для обеспечения правильной работы системы. В предлагаемом варианте схемы станции водоочистки для капельного орошения отличием от существующих схем является фильтрующий материал и корпус фильтра, изменение стоимости которых, приведет к снижению капитальных затрат и эксплуатационные затрат.

Сравнительный анализ был проведен на примере очистки природной воды фильтрованием с расходом  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В существующем варианте используется напорный фильтр DROP серии X 3" D:31" песчано-гравийный, с фильтрующим материалом из кварцевого песка и гравия, пригодных для целей водоподготовки. Предлагаемый вариант включает в себя корпус фильтра ПБФ-50, тщательно подготовленную горелую породу террикона, полиэфирную смолу.

Предлагаемый фильтрующий материал, изготовленный на основе горелой породы терриконов и полиэфирной смолы. Горелая порода после фракционирования хранится в отвалах на открытом воздухе, для ее использования при изготовлении фильтрующего материала ее необходимо промывать. Требуемый объем чистой воды на одну промывку составит  $289 \text{ м}^3$ . Капитальные затраты базового и проектного варианта представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ СИСТЕМЫ ВОДООЧИСТКИ

Материал		Стоимость, руб.	
Базовый вариант			
	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.
Корпус фильтра DROP серии X 3" D:31"	шт.	1	113000
Песок кварцевый	кг	350	1200
Гравий	кг	50	160
Итого			114360
Итого с учетом КИПиА			131514
Проектный вариант			
Корпус фильтра ПБФ-50	шт.	1	75000
Горелая порода терриконов	кг	289	30
Полиэфирная смола	кг	36	6450
Отвердитель	кг	0,18	180
Вода для промывки	м³	289	6234
Итого			87894
Итого с учетом КИПиА			101078,1
Примечание: Максимальная стоимость технической воды для предприятия по Ростовской области до 01.07.2016 составляет 21,57 руб./м³ [9]			

Эксплуатационные затраты включают в себя стоимость посевного материала, оплату труда рабочих и специалистов, затраты на содержание основных производственных фондов, стоимость энергетических ресурсов, необходимых для обслуживания и работы системы капельного полива. При условии неизменности участка выращивания кукурузы величина эксплуатационных затрат может быть принята постоянной для получения прогнозных данных, увеличивающейся лишь на величину инфляции, условно принятой в размере 11%. Результаты расчета себестоимости представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ

Статьи затрат	Базовый вариант				Проектный вариант			
	2015 г.		2016 г.		2015 г.		2016 г.	
	Стоимость, тыс. р.	Доля затрат, %	Стоимость, тыс. р.	Доля затрат, %	Стоимость, тыс. р.	Доля затрат, е, %	Стоимость, тыс. р.	Доля затрат, %
1	2		3	4	5	6	7	8
Эксплуатационные затраты								
1. Оплата труда с отчислениями на социальные нужды	1223,5	15,42	1358,1	24,51	1223,5	16,12	1358,1	25,39
2. Семена и посадочный материал	1043,7	13,15	1158,5	15,49	773,4	10,19	858,5	16,05
3. Удобрения минеральные и органические	221,9	2,80	246,4	2,82	140,9	1,86	156,4	2,92
4. Содержание основных средств	1156,7	14,57	1283,9	17,75	886,4	11,68	983,9	18,40
В т. ч. затраты на ГСМ	347,4	4,38	385,6	6,96	364,8	4,81	401,2	7,50

Окончание Таблицы 2.

Оценочные расходы								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Электроснабжение	579,4	7,30	643,1	11,06	635,2	8,37	698,8	13,06
6. Прочие затраты	633,8	7,99	7035,0	21,4	804,9	10,60	891,4	16,67
ИТОГО	5206,4	65,60	5779,1	1100,0	4829,1	63,62	5348,3	100,0
Капитальные затраты								
Капельная линия	2629,5	33,13	—	—	2629,5	34,64	—	—
Водоочистное оборудование	101,1	1,27			131,5	1,73		
ИТОГО	2730,5	34,40			2862,0	37,71		
ИТОГО	7936,9		5779,1	—		7691,1	5348,3	—
Затраты на 1 га, тыс. руб.	79,4		55,4		76,9		5348,3	
Себестоимость 1 ц, руб.	793,70		577,91		699		535	

Прибыль от реализации проекта представлена выручкой от продажи кукурузы, выращенной на капельном орошении с использованием рассматриваемых систем водоочистки. Считая расчетный случай аннуитетным, с коэффициентом аннуитета, принимаемым равным размеру условной инфляции (11%), инвестиционная эффективность определялась графическим методом, расчетный период составил 5 лет, первый из которых считался нулевым, прибыль в течение которого не учитывалась. Полученные зависимости для базового и проектного вариантов представлены на рисунке.

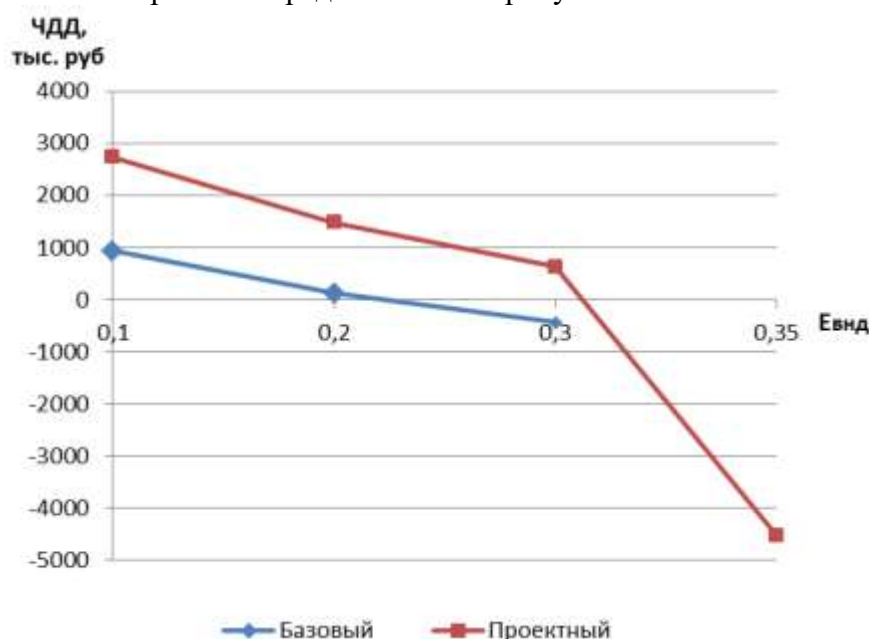


Рисунок. Определение расчетного значения ВНД проекта.

Полученный график позволяет определить фактическую норму доходности, которая составила для базового варианта 0,21, для проектного — 0,31. Минимальная норма дисконта для всех объектов строительства, рекомендуемая для рассмотрения при принятии решения инвесторами составляет 0,15 [10], следовательно, предлагаемый вариант подготовки природной воды для капельного орошения обеспечит 31% прибыли вложенных инвестиционных средств.



Повышенная внутренняя норма доходности проекта позволяет увеличить гарантированную чистую прибыль проекта, за счет имеющегося запаса, способного компенсировать неучтенное повышение инфляции или наступление рискованного события. Согласно полученным результатам, использование предлагаемого варианта подготовки воды для капельного орошения будет рентабельным, в случае превышения дисконтированных затрат во второй год 409, 6 тыс. руб.

#### *Выводы*

На основании проведенных исследований установлено, что:

– капитальные вложения системы подготовки природной воды для капельного орошения с использованием фильтра, на основе отходов горнодобывающей промышленности на 4,5% ниже затрат по традиционному варианту с окатанным кварцевым песком;

– себестоимость готовой продукции для проектного варианта составила 699 руб./ц. в год вложения инвестиционных средств и 535 руб./ц. в первый доходный год, по базовому варианту эти показатели составили 793,7 руб./ц. и 577,91 руб./ц соответственно;

– использование предлагаемого варианта подготовки природной воды обеспечит доходность 15–20%, в зависимости от наступления рискованных событий, при этом традиционный вариант системы капельного орошения принесет 5–10% чистой прибыли.

#### *Список литературы:*

1. О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: постановление Правительства РФ от 12.10.2013 г. № 922
2. ФЗ «Об охране окружающей среды»: ФЗ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ
3. Возрождение утраченных позиций: интервью зам. губернатора Ростовской обл. Василенко В. Н. // Продовольственная безопасность. 2015. №2 (02). С. 86–89.
4. ГОСТ 17.1.2.03-91 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. – Введ. 01-07-91. М.: ИПК Издательство стандартов, 2012. 8 с.
5. Минаков И. А. и др. Экономика отраслей АПК. М.: Колос, 2004. 464 с.
6. Руководство по обогащению отсеков дробления и разнопрочных каменных материалов. М.: Союздорнии, 1992. 81 с.
7. Ример М. И., Касатов А. Д., Матиенко Н. Н. Экономическая оценка инвестиций / под общ. ред. М. И. Римера. СПб.: Питер, 2008. 480 с.
8. Пат. 2498844 Российская Федерация. МПК (51) B01D 39/06, B01J 20/02, C02F 1/00. Фильтрующий элемент, применяемый в сфере очистки природных вод / Антонова Н. А., Домашенко Ю. Е.; заявители и патентообладатели Антонова Н. А., Домашенко Ю. Е. №2011147979/05; заявл. 24.11.2011; опублик. 20.11.2013, Бюл. №32. 5 с.
9. Об установлении тарифов в сфере холодного водоснабжения, водоотведения АО «Ростовводоканал» на 2015 год: Постановление Региональной службы по тарифам Ростовской области от 16.12.2014 г. № 82/11.
10. Об утверждении методики по определению уровня арендной платы за нежилые здания (помещения): приказ Минстроя РФ от 14.09.1992 г. №209

#### *References:*

1. On the federal target program “Development of reclamation of land for agricultural purposes Russia for 2014 – 2020”: Resolution of the RF Government dated 12.10.2013, № 922.
2. Of the Federal Law “On Environmental Protection”: the Federal Law of 10.01.2002 № 7-FZ.
3. Revival of the lost positions: an interview with the deputy. Governor of the Rostov region. Vasilenko V. N. // Food security, 2015, no. 2 (02), pp. 86–89.

4. GOST 17.1.2.03-91 Nature Conservancy. Hydrosphere. Criteria and indicators of water quality for irrigation. - Enter. 7.1.91. Moscow, Publisher IPC Standards, 2012. 8 p.
5. Minakov I. A. and etc. Economy AIC branches. Moscow, Kolos, 2004. 464 p.
6. Recommendations guide to enrich the screenings of crushing and stone materials Different Strengths, Moscow, Soyuzdornii, 1992. 81 p.
7. Reamer, MI Economic evaluation of investment / MI Rimer, AD Kasatov, NN Matienko.; under the total. Ed. MI Riemer. St. Petersburg, Peter, 2008, 480 p.
8. Pat. 2498844 Russian Federation. IGC (51) B01D 39/06, B01J 20/02, C02F 1/00. The filter element used in purification, natural water / Antonova NA, Domashenko J. E .; applicants and patentees Antonova NA, Domashenko YE № 2011147979/05; appl. 24.11.2011; publ. 20.11.2013, Bull. № 32. 5 p.
9. On the establishment of tariffs in cold water, wastewater JSC "Rostovvodokanal" for 2015: Resolution of the Regional Tariff Service of the Rostov region from 12.16.2014, the № 82/11.
10. On approval of the methodology for determining the level of rent for non-residential buildings (premises): an order from the Ministry of Construction of the Russian Federation of 14.09.1992 № 209.

*Работа поступила в редакцию*  
 18.04.2016 г.

*Принята к публикации*  
 20.04.2016 г.